COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA E DA UMIDADE RELATIVA DO AR NA ÁREA URBANA E RURAL DE GUARARAPES/SP

Cíntia MINAKI[1]
Margarete Cristiane de Costa Trindade AMORIM[2]

RESUMO

O processo de urbanização ocorreu de forma não linear tanto no tempo quanto no espaço. Logo, a diferenciação desse processo é fundamental quando se identifica uma área de estudo. Esta pesquisa foi realizada em uma cidade de pequeno porte, localizada nas coordenadas de 21º16'35"S e 50º37'00"W à Noroeste do Estado de São Paulo. Guararapes com aproximadamente 30 000 habitantes caracteriza-se por um crescimento desordenado, cujo uso e ocupação do solo ocorreram de forma inadequada. Possui clima tropical, com verão quente e chuvoso, e inverno seco com pequena diminuição da temperatura justificada pela atuação mais intensa de sistemas polares nessa época do ano.

O conteúdo da pesquisa objetivou através da comparação termo-higrométrica entre uma área localizada dentro do perímetro urbano e outra situada na zona rural analisar como o processo de crescimento e de manutenção deste interferem no processo de formação do tempo no verão, a nível local. Além da seleção destes dois pontos, outra área foi escolhida pelo critério de ser intermediária entre a área urbana e a rural da cidade.

Foram realizadas observações-mensurações durante quinze dias da estação chuvosa (dezembro de 2004) nos horários das 09h00, 15h00 e 21h00, concomitantemente nos três pontos. Para isso, fixou-se mini-abrigos meteorológicos, e coletou-se dados de temperatura do termômetro de bulbo seco e de bulbo úmido, que posteriormente forneceriam os valores da umidade. Além de outras observações como a direção e a velocidade do vento, estimadas respectivamente pela fita de cetim agregada na parede perfurada do mini-abrigo, e pela Escala da Força de Vento de Beaufort.

Foram geradas isotermas e isoígras a partir dos dados de temperatura e de umidade relativa do ar dos três pontos, de forma que através da visualização desses gráficos é possível analisar o comportamento do tempo durante os episódios. Associou-se a esta leitura, a observação das cartas sinóticas da Marinha do Brasil e das Imagens do Satélite Goes dos respectivos dias.

Como nos ambientes urbanos se intensificam as atividades de trabalho comercial e industrial, conseqüentemente a aglomeração de pessoas e dos agentes poluidores como a fumaça que sai dos escapamentos dos veículos automotores e das fábricas, a conjugação destes fatores na atmosfera pode causar o aumento da temperatura em diferentes lugares, aumento que varia dependendo das características das construções e das estruturas econômicas desenvolvidas em seu limite.

A área rural é tratada do ponto de vista que as alterações provocadas na área urbana não tenham ainda alcançado esse limite territorial. Podendo adquirir a função de um "termostato", mas neste caso, para indicar o quanto se perdeu de característica climática própria dos ambientes das cidades. Dessa forma, conduz a um interessante apontamento do clima urbano.

[1] Universidade Estadual Paulista, Graduação em Geografia, Bolsista CNPQ - PIBIC, ceagaeme@yahoo.com.br
[2] Universidade Estadual Paulista, Professora Doutora, mccta@prudente.unesp.br

Pela observação dos números coletados é possível constatar que as maiores diferenças termo-higrométricas se estabeleceram entre os pontos da área rural e da área intermediária, sendo que a última excedeu em quase todos os horários, a temperatura em relação aos demais pontos.

O enfoque maior dado aos estudos de clima urbano em cidades de médio e grande porte não reduz a importância que possui os espaços de menor concentração humana quanto aos seus aspectos climáticos. Embora haja grandeza na repercussão de um trabalho centrado no comportamento térmico de uma metrópole, por exemplo, não deve ser mascarada a relevância do potencial de alterações que a urbanização de uma área com menos de 100000 habitantes pode estar comprometendo essa atmosfera a nível local. Além do que, as populações devem de forma eqüitativa usufruir uma organização espacial bem planejada.

INTRODUÇÃO

Atualmente a ação humana sobre o seu ambiente de sobrevivência e habitação tem requerido a atenção não só de estudiosos dentro deste campo de pesquisa, mas dos próprios agentes das transformações que ocorrem nas cidades. Se de um lado a força com a qual constroem suas obras é crescente, degradando o que ainda existe de característica natural, de outro, a reação da natureza também vem a ter uma conseqüência mais agressiva.

O clima é um dos fatores, cuja atuação pode ser condicionada, sob condições atmosféricas estáveis, pelo comportamento de uma sociedade. Entendendo-se este comportamento como a conjunção de um modo de vida com o seu modo de produzir. Dessa forma, ao se pensar a organização das cidades é possível refletir sobre essa influência na dinâmica climática.

As cidades possuem áreas onde predominam atividades comerciais, industriais e residenciais. Associando estes espaços, que podem ser sinônimos de grandes centros, a fluxos de veículos e de pessoas, evidencia-se que o ambiente urbano sofre uma concentração maior de agentes poluidores. Logo, as alterações provocadas em termos de temperatura também são maiores se comparadas à área rural, onde predomina o uso do solo residencial.

Destaca-se também a importância da vegetação na presença da umidade de uma área, e como ela se faz presente muito mais no ambiente rural do que no urbano, as temperaturas nos locais mais afastados dos grandes centros possuem a tendência de serem mais amenas. Os materiais utilizados nas construções, o concreto e o asfalto e a realização de atividades que liberam muito calor contribuem para que haja um aquecimento nos locais que demandam essas características em excesso.

Logo, a temperatura do ar e outros elementos meteorológicos estão sujeitos às conseqüências da intervenção antrópica inadequada nas condições naturais de uma paisagem. O que acaba resultando na produção de fenômenos como a ilha de calor, a inversão térmica, intensificação do efeito estufa, dentre outros. Essa ação influente também prejudica a dinâmica da circulação secundária da atmosfera, podendo causar a irregularidade das chuvas locais.

Nesse sentido, este trabalho objetiva contribuir com um estudo das variações térmicas e higrométricas de uma cidade de pequeno porte que a interferência humana vem produzindo alterações no tempo do verão local.

MÉTODOS E TÉCNICAS

Foi feito um levantamento bibliográfico de textos relacionados à temática clima urbano, com ênfase nos aspectos térmicos e higrométricos, associados ao estudo da dinâmica climática regional.

Posteriormente, seguiu-se um roteiro empírico composto por observações-mensurações simultâneas em três postos denominados área urbana, área rural e ETA. O levantamento de dados de temperatura, umidade relativa do ar e direção do vento, ocorreu durante 15 dias do mês de dezembro de 2004, período representativo do verão (estação quente e chuvosa), nos horários das 9h00, 15h00 e 21h00, respectivamente, não considerando o horário de verão. Os instrumentos utilizados consistem em mini-abrigos meteorológicos com psicrômetros associados a dois termômetros: o de *bulbo seco* e o de *bulbo úmido*, além de uma fita de cetim incorporada em uma das perfurações do mini-abrigo para a estimativa do vento.

As propostas de Monteiro (1976 e 1990) constituíram o método de análise do fato urbano, dentro de uma abordagem sistêmica e de caráter adaptativo. *"Uma das grandes vantagens que a flexibilidade da abordagem dos sistemas traz para a análise científica é a possibilidade alternativa de usar tanto o método indutivo quanto o dedutivo."* (MONTEIRO, 1976, p.91). Logo, através do subsistema termodinâmico, constituinte do Sistema Clima Urbano (S.C.U.), notadamente uma das proposições metodológicas mais bem sucedidas na climatologia contemporânea do país, foi materializada a pesquisa. O termodinâmico tem como um dos canais de percepção humana, o conforto térmico que engloba a ilha de calor, o aumento da precipitação e a ventilação.

O mini-abrigo meteorológico é um equipamento construído de madeira, que possui paredes duplas e perfuradas para a livre circulação do ar, e consequentemente o registro de sua verdadeira temperatura, tendo como base de apoio um suporte a 1,50m da superfície, com a finalidade de proteger os termômetros em seu interior, de influências externas. Depois de instalado, sua abertura ficou voltada para o Sul, a fim de evitar a incidência solar direta no psicrômetro, o que dificultaria a precisão nos resultados da pesquisa. Fixou-se na parte inferior do mini-abrigo uma fita de cetim para indicar a direção predominante do vento, e a sua velocidade foi estimada a partir da "Escala da Força de Vento de Beaufort". (Tabela 01).

Tabela 01 – Escala de Beaufort

Força	Designação	m/seg	Influência em terra
0	calma	0 - 0,5	A fumaça sobe verticalmente.
1	aragem	0,6 - 1,7	A direção da aragem é indicada pela fumaça, mas a grimpa ainda não reage.
2	brisa leve	1,8 - 3,3	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpa começa a funcionar.
3	brisa fraca	3,4 - 5,2	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.
4	brisa moderada	5,3 - 7,4	Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
5	brisa forte	7,5 - 9,8	Movem-se as pequenas árvores. Nos lagos a água começa a ondular.
6	vento moderadamente forte	9,9 – 12,4	Assobios na fiação aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.

O ponto situado na área rural possui as seguintes coordenadas geográficas: 21º15'28,7" de latitude S, e 50º39'28,7" de longitude W, estando a uma altitude de 364m sobre o nível do

mar. Distancia-se cerca de 2km do centro da cidade de Guararapes, localizando-se na estrada de terra rural com acesso à estrada municipal Guararapes/Rubiácea. O mini-abrigo meteorológico foi instalado num local de vegetação rasteira e intensa vegetação arbórea, próximo cerca de 50 a 100 metros de uma nascente. O entorno da propriedade a qual se estabeleceu o posto de referência rural caracteriza-se pela presença, sobretudo de pastagens e habitações residenciais esparsas.

O ponto situado na área urbana está a 21º14'21,7" de latitude S, e a 50º38'50,0" de longitude W, em altitude equivalente a 405m acima do nível do mar. Localiza-se no setor norte da cidade de Guararapes, densamente construído, possuindo vegetação exótica e pouco sombreamento. O mini-abrigo foi instalado sobre vegetação rasteira, e a vegetação arbórea ao seu entorno se encontra em fase de crescimento.

O último ponto, apesar de pertencer à área urbana como o descrito anteriormente, será referenciado de ETA (Estação de Tratamento de Água). Nele, o mini-abrigo meteorológico foi fixado a 21º15'30,8" de latitude S e a 50º38'16,9" de longitude W, a 420m de altitude sobre o nível do mar. O instrumento de coleta de dados foi instalado em local de escassa vegetação rasteira e vegetação arbórea nos arredores. Verifica-se proximidade de construções e de outros aparelhos, como é o caso do pluviômetro e do pluviógrafo, cujos dados são coletados diariamente pelos funcionários locais.

RESULTADOS

Nos dias de leitura não se verificou grandes quantidades de chuva, tornando as condições sinóticas favoráveis à análise comparativa. Com exceção de alguns dias em que houve instabilidade no tempo, mas não foi registrada a ocorrência de chuvas, e pela observação dos parâmetros meteorológicos, não houve mudanças bruscas que mascarasse a dinâmica da pesquisa esperada nesses dias.

No horário das 09h00, a área rural apresentou as menores temperaturas em todos os dias, enquanto a ETA apresentou as maiores, com exceção dos dias 20, 21 e 30 de dezembro.

Neste horário da manhã, a área rural ainda permanece úmida, resultando em menores temperaturas. Nos dias 16, 17, 19 e 29 foram registradas as mais significativas diferenças de temperatura entre a área rural e a ETA, 3,4ºC; 3,3ºC; 3,6ºC; e 4,6ºC; respectivamente. Nos outros dias, essas diferenças foram inferiores a 2,0ºC. Em relação às exceções, para os dias 20, 21 e 30 foram verificadas os seguintes valores de amplitude, 5,6ºC; 2,0ºC; e 2,2º; respectivamente. (Figura 01).

No dia 20, na área urbana foi registrado um vento fraco direcionado de uma área residencial que pode ter sido proveniente da área que abrange uma rodovia próxima, com característica de muito aquecimento. No dia 21, a ETA recebeu um vento fraco que pode ter vindo da área rural, e provavelmente era frio, mas em seu trajeto foi recebendo energia, mas mesmo assim, o ponto registrou 0,2ºC a menos que a área urbana, cujo vento vinha do mesmo quadrante que o do dia anterior. No dia 30 foi verificada situação de calmaria para ambos os pontos, porém a área urbana registrou 1,3ºC a mais que a ETA.

De acordo com os dados coletados no horário das 15h00, as menores temperaturas ocorreram na área rural, com exceção de dois dias. Estas temperaturas inferiores em relação aos outros pontos, podem ser explicadas pela presença de intensa de arborização, que demanda a maior umidade da área, e pela baixa densidade de construções ao seu entorno associada à distância do mini-abrigo em relação a essas, no caso, habitações.

Os dias 26 e 27 se constituem como as exceções. No primeiro (26), a área urbana registrou a menor temperatura, e pelos registros ocorria uma precipitação fraca no horário de coleta nesse ponto, fato que influenciou a amplitude de 0,4ºC. No dia seguinte, a ETA apresentou uma temperatura bem inferior em relação às outras, mas não foi verificada a ocorrência de

precipitação. A direção dos ventos variou entre os pontos, e provavelmente, o vento fraco trazido de área com menor densidade de construção, foi responsável pela menor temperatura. Por outro lado, as maiores temperaturas foram verificadas na ETA, devido principalmente, à escassa vegetação, ressaltando também que a área está inclusa em um bairro residencial, com atividades comerciais próximas, logo, a densidade dessas construções associada à presença e às atividades humanas são elementos a serem destacados. Porém, por três dias este ponto alcançou a segunda maior temperatura, sendo que a Área Urbana revelou o maior aquecimento diurno no horário das 15h00. (Figura 2)

O ponto da área urbana obteve as temperaturas intermediárias entre o mais quente e o menos quente.

Neste episódio de verão, os dois pontos localizados na área urbana se mostraram mais quentes, tornando possível observar a influência da urbanização no tempo em Guararapes. As maiores amplitudes alcançaram 8,4ºC; 5,0ºC; 4,8ºC; 4,4ºC; 4,2ºC e 4,1ºC, nos dias, 27; 28; 29; 30; 18 e 24 respectivamente. Nos outros dias as amplitudes foram inferiores a 4,0ºC e superiores a 1,0ºC.

No horário das 21h00, a área urbana apresentou as maiores temperaturas, e a área rural, as menores (Figura 03). Apenas em dois dias ocorreram amplitudes acima de 3,0ºC. No dia 17, a área rural e a ETA apresentaram a mesma temperatura, sendo que nos dois pontos, no instante das leituras, ocorria uma precipitação fraca. No dia 23, a ETA apresentou a menor temperatura o que pode estar associado ao vento fraco proveniente de uma área mais fria mais distanciada do seu entorno, onde as construções se tornam escassas e predomina a vegetação de grande porte. Nos dias 25 e 30 apresentou a maior temperatura.

Portanto, a área rural obteve, em geral as temperaturas mais baixas nos episódios de leitura, resultado já esperado considerando a quantidade da vegetação que ameniza as temperaturas do ar, absorvendo a radiação solar e de certa forma, estabilizando o ambiente.

Durante o dia a ETA alcançou as maiores temperaturas devido ao tipo de uso do solo e de construções, menos densas em relação aos outros pontos, o que favoreceu grandes amplitudes principalmente no horário das 15h00. No período da noite, o pequeno fluxo de pessoas e veículos no local, e o recebimento de ventos frios de áreas situadas mais distantes do seu entorno, pode explicar o predomínio das temperaturas intermediárias entre os três pontos.

A área urbana às 21h00 foi mais quente, porém este posto está dentro de uma área onde as atividades comerciais ainda em pequena escala estão incorporadas ao bairro tipicamente residencial, com fluxo de veículos e de pessoas considerável.

A umidade relativa do ar, calculada com dados da temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, manifestou-se inversamente proporcional à temperatura. Assim os maiores valores da umidade relativa foram observados na área rural em todos os horários e no período do dia foi menor na ETA e no período da noite na área urbana.

No horário das 09h00, a área rural teve características de maior umidade principalmente com relação a ETA, sendo que as maiores amplitudes alcançadas foram de 26%; 17,%; 16% e 16,1%, para os dias, 16, 23, 24 e 26, respectivamente. (Figura 04).

No período da tarde, às 15h00, a área rural esteve mais úmida com relação às outras, que durante os episódios, alternavam entre menos úmida e aquela com umidade intermediária. As maiores amplitudes foram de 44,9% (área rural e área urbana), 44% (área rural e área urbana), 32% (ETA e área urbana, constituindo-se em um dado de exceção) e 26,% (área rural e área urbana), respectivamente nos dias 19,17, 25 e 24.

Às 21h00, a área urbana e a ETA também alternaram entre a menor umidade e umidade de valor intermediário. Os dias 28, 24, 29 e 25 representam as maiores diferenças, com respectivamente, 25% (área rural e ETA); 24% (área rural e ETA); 24% (área rural e ETA); e 24% (ETA e área urbana, constituindo-se numa exceção).

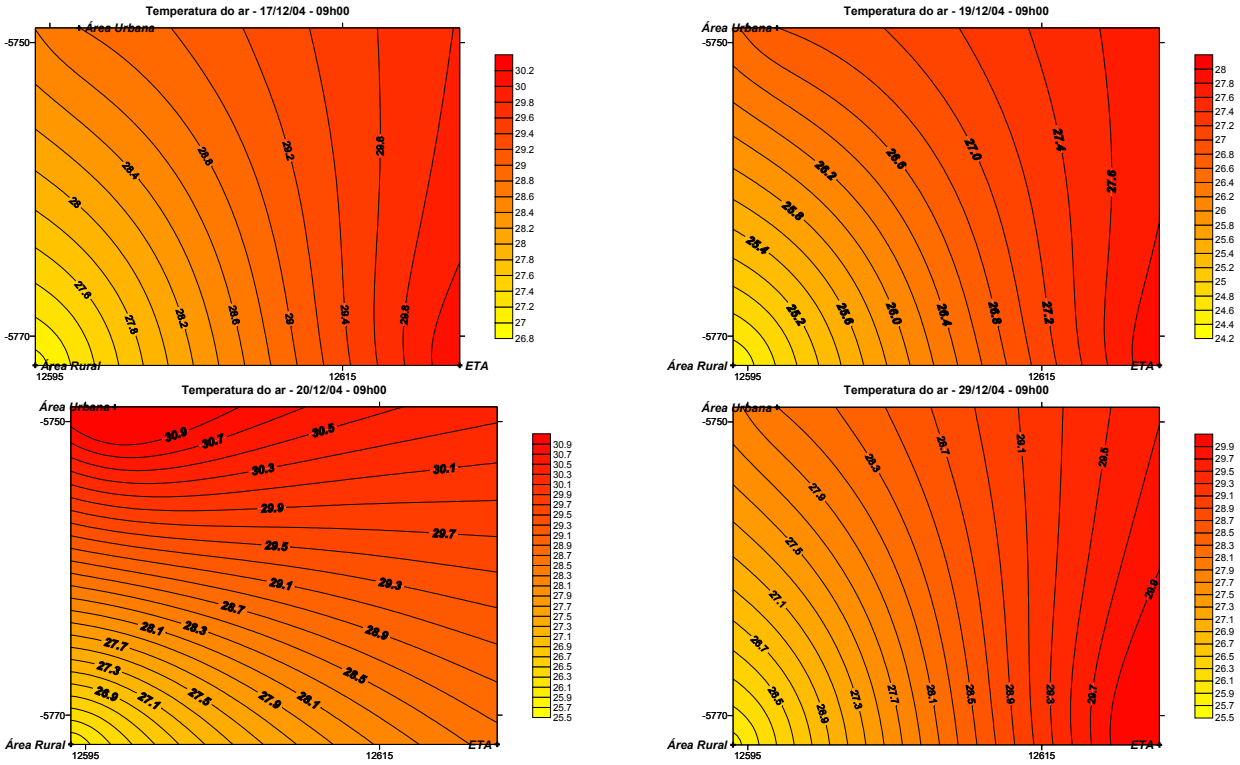


Figura 01 - Cartas de isotermas em dias representativos do verão – Dezembro de 2004 – 09h00.

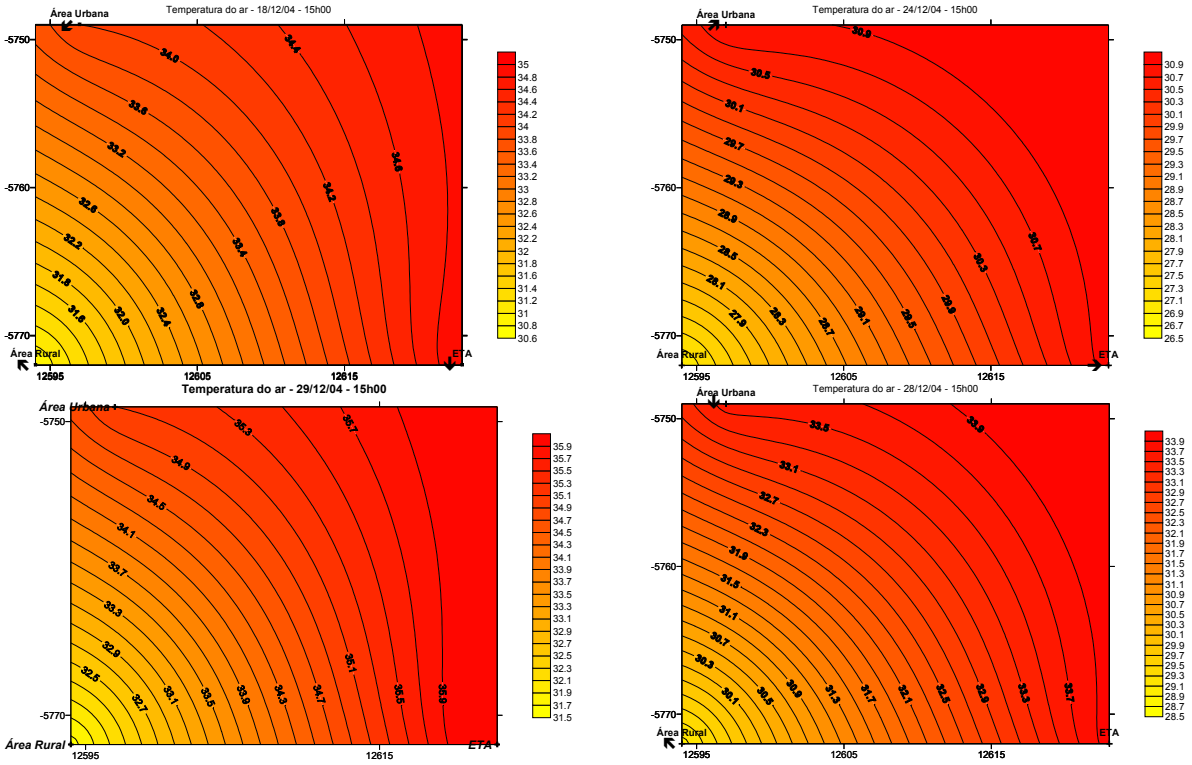


Figura 02 - Cartas de isotermas em dias representativos do verão – Dezembro de 2004 – 15h00

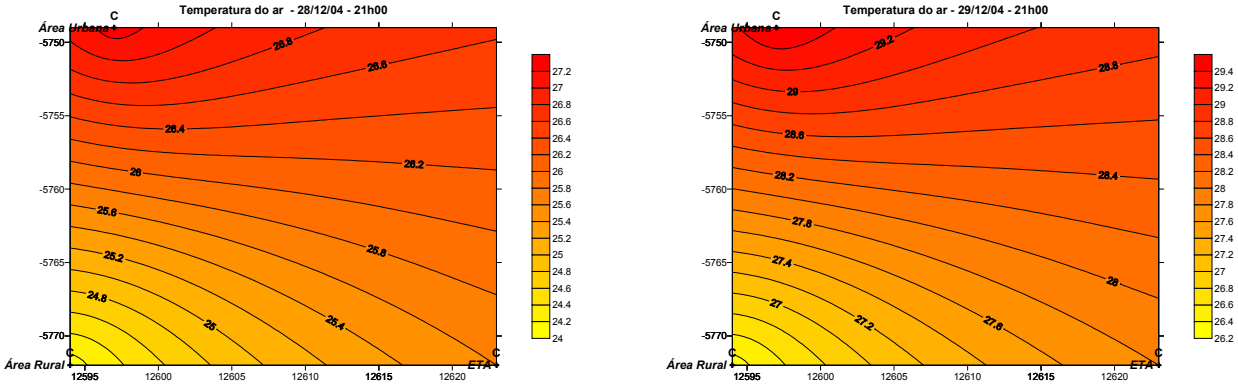


Figura 03 - Cartas de isotermas em dias representativos do verão – Dezembro de 2004 – 21h00.

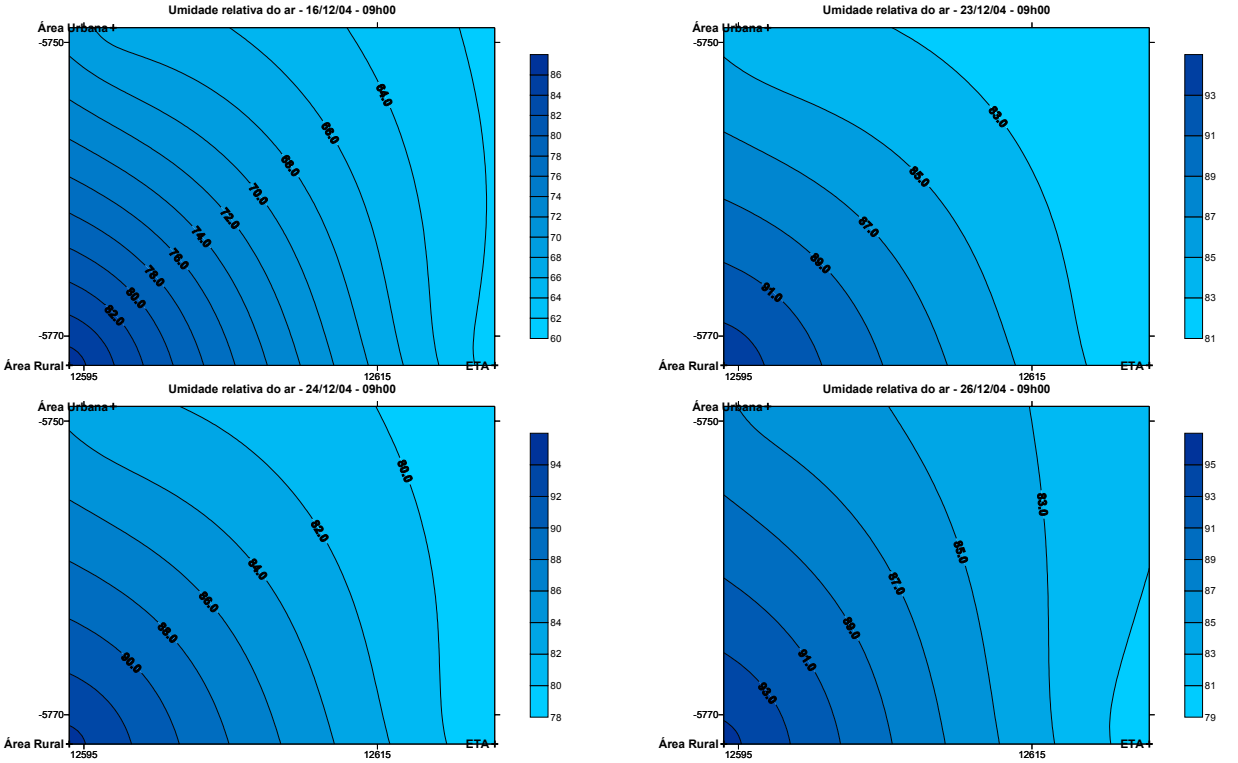
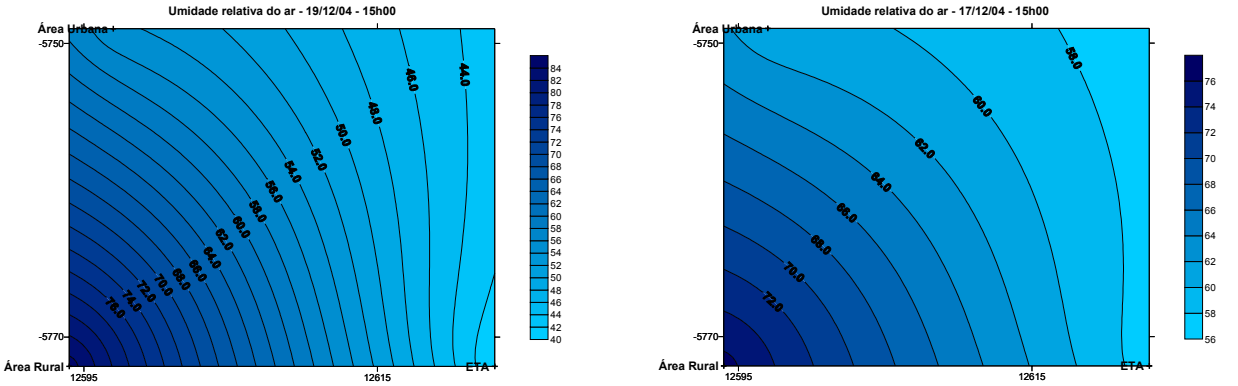


Figura 04 - Cartas de isoígras em dias representativos do verão – Dezembro de 2004 – 09h00



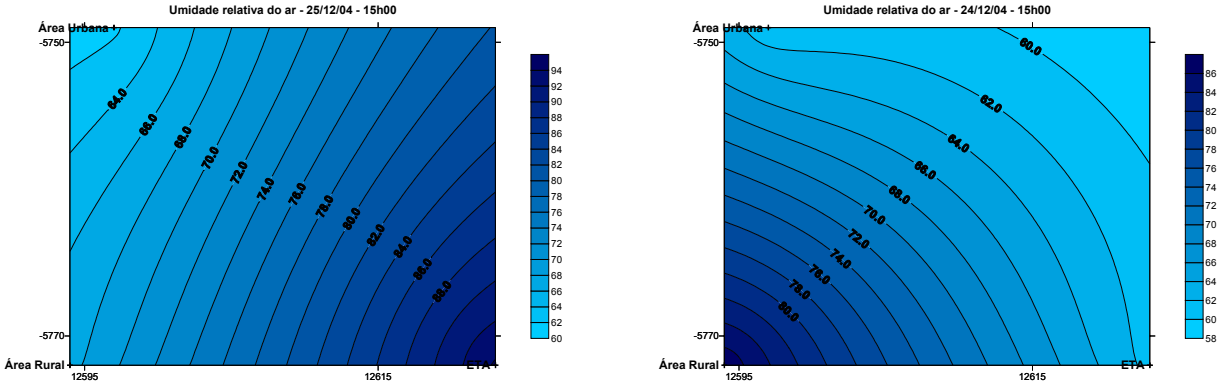


Figura 05 - Cartas de isoígras em dias representativos do verão – Dezembro de 2004 – 15h00.

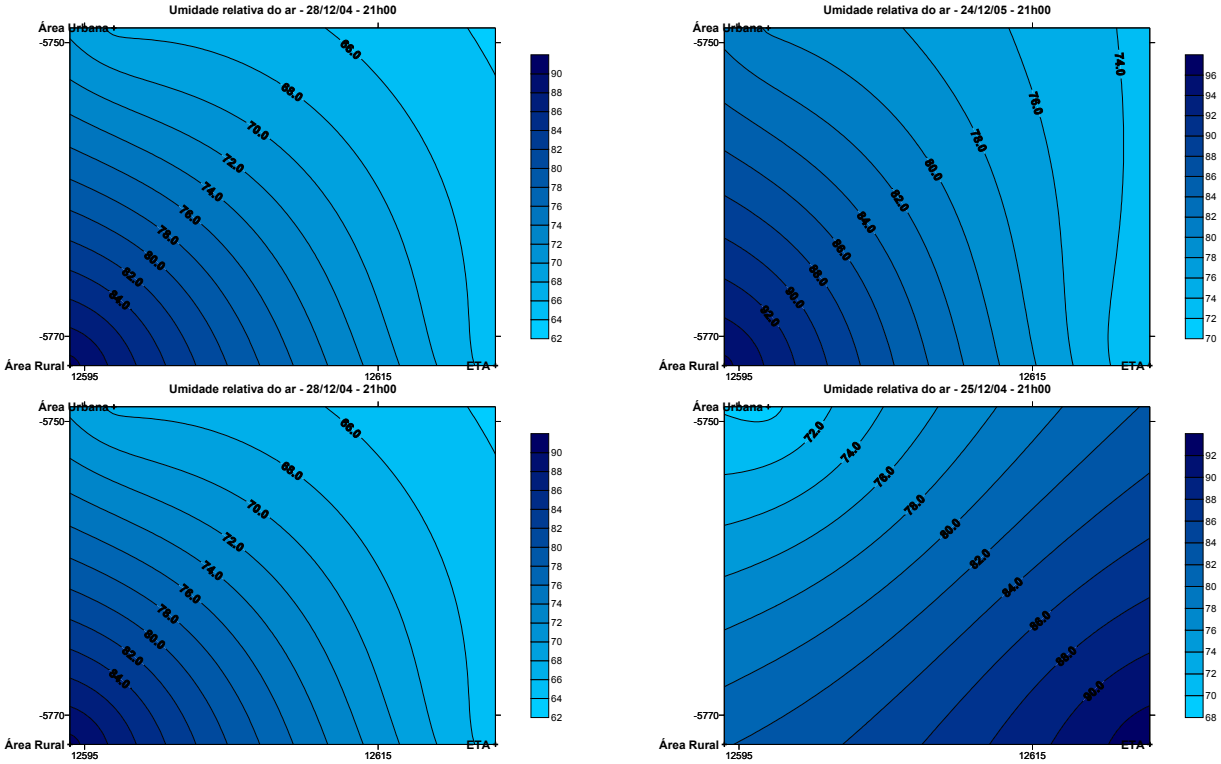


Figura 06 – Cartas de isoígras em dias representativos de verão – Dezembro de 2004 – 21h00.

As maiores temperaturas e as menores umidades relativas foram verificadas na área urbana (envolvendo o ponto chamado de Área Urbana e a ETA) demonstrando que a forma como aqueles espaços estão estruturados no âmbito social e econômico, sendo densamente construídos e moderadamente arborizados, geram mudanças na atmosfera local, que podem interferir na qualidade de vida da população, modificando o seu clima.

O fato das cidades serem menos arborizadas que as áreas rurais, no cotidiano das pessoas, gerando mais calor, processo este, sempre associado ao ritmo de trabalho e de ocupação humana que demanda uma área urbana, conduz ao desconforto. Dessa forma, em Guararapes, os resultados apontam diferenças térmicas e higrométricas interessantes de serem questionadas sobre o seu processo de urbanização, que não acontece de forma rápida e intensa, mas possui os problemas de ordem social que diverge nas camadas de quase todas as sociedades.

A Área Rural atingiu os resultados esperados, pois nela se verificou as menores temperaturas, devido principalmente à vegetação rasteira e arbórea do terreno que propicia maior umidade do local, e também devido ao uso e ocupação do solo, ou seja, há menor densidade de construções se comparada à área urbana, e a pequena quantidade de construções tem a função de habitação.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP.** São Paulo, 2000. 374p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

BRANDÃO, A.M. de P.M. **O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro**. São Paulo, 1996. 362p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR.** São Paulo, 1994. 332p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MONTEIRO, C.A.de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Séries Teses e Monografias, 25).

_____ A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um "Clima Urbano" – estratégias na abordagem geográfica. **Geosul**, Florianópolis, Ano 5, nº 9, p.80-114, 1990.

MORENO GARCÍA, M.C. La cartografía del fenómeno de la "isla" de calor. **Notes de Geografía Física**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1990. p. 73-81.

_____ Unas notas históricas acerca de la climatología urbana. **Notes de Geografía Física**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1991-1992. p. 137-141.

PITTON, S.E.C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas**. São Paulo, 1997. 272p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

TARIFA, J.R. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP). **Geografia**, v.2, n.4, p.59-80, outubro 1977

ZAMPARONI, C.A.G.P. **Ilha de calor em Barra do Bugres e Tangará da Serra – MT: Uma contribuição ao estudo do clima urbano em cidades de pequeno porte em área tropical.** São Paulo, 1995. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.